

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-137109

(43)Date of publication of application : 16.05.2000

(51)Int.Cl. G02B 5/18
G02B 1/11

(21)Application number : 10-309722 (71)Applicant : SHIMADZU CORP

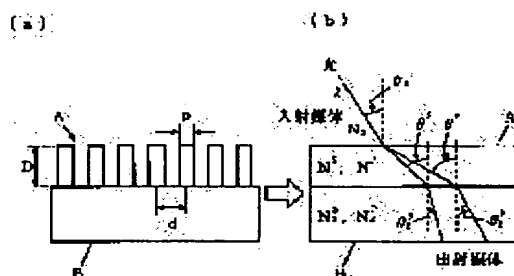
(22)Date of filing : 30.10.1998 (72)Inventor : SATO AKIRA

(54) REFLECTION PREVENTIVE DEVICE USING DIFFRACTION GRATING

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a reflection preventive device preventing reflection of a beam on a substrate surface even when the substrate is an anisotropic medium, and the beam is made incident obliquely on the substrate.

SOLUTION: Refractive indexes of an incident medium for S polarization (normal polarization) and P polarization (abnormal polarization) of the beam of a wavelength λ , are expressed by n_{0S} and n_{0P} , and the refractive indexes of the substrate B are expressed by n_{2S} and n_{2P} . A laminar type diffraction grating A having a groove pitch d smaller than the wavelength λ , is provided on the surface of the substrate B. The effective refractive indexes n_{1S} and n_{1P} of this diffraction grating A for the S polarization and P polarization are decided according to a sectional shape. Then, when the sectional shape of the diffraction grating A is decided so that n_{1S} and n_{1P} are satisfied with the equation I: $(n_{1S})^2 = n_{0S} n_{2S}$, the equation II: $(n_{1P})^2 = n_{0P} n_{2P}$, and on the other hand, the depth D of the groove is decided so that it satisfies the equation III: $D = (\lambda/4)((2m_S + 1)/n_{1S}) = (\lambda/4)((2m_P + 1)/n_{1P})$, [m_S, m_P : integer], the diffraction grating A becomes the reflection preventive device for the both polarization.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision]

of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

4/7

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-137109

(P2000-137109A)

(43) 公開日 平成12年5月16日 (2000.5.16)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームコード (参考)
G 0 2 B 5/18		G 0 2 B 5/18	2 H 0 4 9
1/11		1/10	A 2 K 0 0 9

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平10-309722

(22) 出願日 平成10年10月30日 (1998.10.30)

(71) 出願人 000001993

株式会社島津製作所

京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地

(72) 発明者 佐藤 晃

京都市中京区西ノ京桑原町1番地 株式会社島津製作所内

(74) 代理人 100095670

弁理士 小林 良平

Fターム (参考) 2H049 AA03 AA63 BA42 BA45 BA47

BC23 BC25

2K009 AA01

(54) 【発明の名称】 回折格子を利用した反射防止デバイス

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 基板が異方性媒体である場合や、基板に光が斜入射する場合でも、基板表面における光の反射を防止できる反射防止デバイスを提供する。

【解決手段】 波長 λ の光のS偏光 (常偏光) 及びP偏光 (異常偏光) に対する入射媒体の屈折率を n_o^s 及び n_o^p とし、基板Bの屈折率を n_s^s 及び n_s^p とする。基板Bの表面に波長 λ より小さい溝ピッチ d を有するラミナー型の回折格子Aを設ける。この回折格子AのS偏光及びP偏光に対する有効屈折率 η^s 及び η^p は断面形状に応じて定まる。そこで、 η^s 及び η^p が次式、

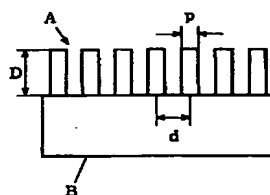
$$(\eta^s)^2 = n_o^s n_s^s \quad (\eta^p)^2 = n_o^p n_s^p$$

を満たすように回折格子Aの断面形状を決定する一方、溝の深さ D は、ある一対の整数 m^s 及び m^p について次式、

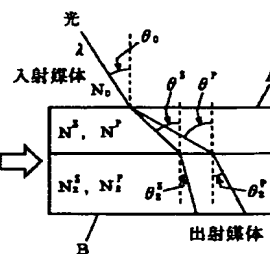
$$D = \frac{\lambda}{4} \frac{2m^s + 1}{\eta^s} = \frac{\lambda}{4} \frac{2m^p + 1}{\eta^p} \quad [m^s, m^p: \text{整数}]$$

を満たすように決定すると、回折格子Aは前記両偏光に対する反射防止デバイスとなる。

(a)



(b)



FP03-0047
-00W0-SE
04.5.25
SEARCH REPORT

【特許請求の範囲】

【請求項1】 入射媒体から基板へ入射する所定波長の光の前記基板の表面における反射を防止するための反射防止デバイスにおいて、

前記所定波長よりも小さいピッチで溝が形成された回折格子を含み、

該回折格子の溝の深さをD、S偏光及びP偏光に対する有効屈折率をそれぞれ η^s 及び η^p とし、前記所定波長を λ とし、波長 λ の光のS偏光及びP偏光に対する前記入射媒体の屈折率をそれぞれ η_0^s 及び η_0^p とし、該光のS偏光及びP偏光に対する前記基板の屈折率をそれぞれ η_2^s 及び η_2^p とすると、次式

【数1】

$$(\eta^s)^2 = \eta_0^s \eta_2^s \quad (\eta^p)^2 = \eta_0^p \eta_2^p$$

が成立し、且つ、ある一対の整数 m^s 及び m^p について、次式

【数2】

$$D = \frac{\lambda}{4} \frac{2m^s + 1}{\eta^s} = \frac{\lambda}{4} \frac{2m^p + 1}{\eta^p} \quad [m^s, m^p : \text{整数}]$$

$$N = \sqrt{N_0 N_2}$$

この条件の下で、薄膜の厚さ（光学膜厚）を適宜調節すると、所望の波長において干渉効果により反射率を低下させることができる。

【0003】可視光の反射防止を目的とする場合、上記条件式を満たすような屈折率Nを有する薄膜用素材は比較的多く知られているが、赤外光の反射防止を目的とする場合、利用できる素材は限られており、目的波長によっては適当な屈折率を有する素材が見つからない場合も多い。

【0004】ところで、今日では、微細加工技術の進歩により、1mmあたり数1000～10000本というような極めて高い密度で刻線された格子溝を有する回折格子が利用できる。このような回折格子において、入射光の波長よりも格子溝のピッチが小さいために光の回折が生じないような回折格子を0次回折格子と呼ぶ。0次回折格子は光学異方性媒体として振る舞い、その実効的な屈折率（有効屈折率又は人工屈折率と呼ばれる）は格子の断面形状に応じて変化することが知られている。そこで、最近では、上記のような性質を有する0次回折格子を利用した反射防止デバイスの設計及び作成の研究が行われている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】光学素子（レンズ、基板、導波管等）を作成する際、MgF₂結晶のような光学異方性を有する素材を用いることがある。異方性媒体においては、入射光のS偏光成分（TE偏光）に対する屈折率（N^s）とP偏光成分（TM偏光）に対する屈折

*が成立すること、

という条件が満たされるように、該回折格子の断面形状及び溝の深さDが定められていること、を特徴とする、回折格子を利用した反射防止デバイス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、分光分析、光エレクトロニクス、光通信、光応用計測等の分野で広く利用されている反射防止デバイスに関する。

【0002】

【従来の技術】屈折率がN₀の媒体（入射媒体）から屈折率がN₂の基板に垂直に入射する光の反射を防止するための薄膜（ただし、1層のもの）を作成する場合、その薄膜の素材の屈折率Nは次の条件式を満たす必要がある。

【数3】

(1)

率（N^p）が異なるため、入射した光は該媒体内でS偏光成分（常光線）とP偏光成分（異常光線）に分かれる（複屈折）。従って、異方性媒体である基板の表面における反射を防止しようとする場合、常光線及び異常光線の両方の反射を防止する必要があることになる。ところが、従来のように等方性媒体から成る反射防止膜を用いた場合、N^s又はN^pのいずれか一方が式（1）を満たすようにすることはできても、両方の屈折率が式（1）を満たすようにすることはできず、両偏光共に完全に反射を防止することはできない。

【0006】また式（1）は光が基板に垂直入射する場合に関する式であるから、斜入射の場合にこれを適用することはできない。

【0007】本発明は以上のような課題を解決するために成されたものであり、その目的とするところは、基板が光学異方性を有する場合や、光が基板に斜入射する場合において、S偏光及びP偏光の両偏光について有効に光の反射が防止されるような反射防止デバイスを提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために成された本発明に係る反射防止デバイスは、入射媒体から基板へ入射する所定波長の光の前記基板の表面における反射を防止するための反射防止デバイスにおいて、前記所定波長よりも小さいピッチで溝が形成された回折格子を含み、該回折格子の溝の深さをD、S偏光及びP偏光に対する有効屈折率をそれぞれ η^s 及び η^p とし、前

記所定波長を λ とし、波長 λ の光のS偏光及びP偏光に対する前記入射媒体の屈折率をそれぞれ η_0^s 及び η_0^p とし、該光のS偏光及びP偏光に対する前記基板の屈折率をそれぞれ η_2^s 及び η_2^p とすると、次式

【数4】

$$(\eta^s)^2 = \eta_0^s \eta_2^s \quad (\eta^p)^2 = \eta_0^p \eta_2^p$$

が成立し、且つ、ある一対の整数 m^s 及び m^p について、次式

【数5】

$$D = \frac{\lambda}{4} \frac{2m^s + 1}{\eta^s} = \frac{\lambda}{4} \frac{2m^p + 1}{\eta^p} \quad [m^s, m^p: \text{整数}]$$

が成立すること、という条件が満たされるように、該回折格子の断面形状及び前記溝の深さ D が定められていること、を特徴としている。

【0009】

【発明の実施の形態】本発明は、光の反射を防止しようとする波長 λ よりも小さいピッチ d で格子溝の形成された回折格子、すなわち0次回折格子を利用するものである。先に述べたように、0次回折格子の有効屈折率は格子の断面形状に応じて変化する。格子の断面形状を決定するパラメータは格子の種類により様々である。例えば、ラミナー型回折格子の断面形状は、溝ピッチ d 、隆起部の幅 p 及び隆起部の高さ（溝の深さ） D という3つのパラメータにより決定される。ここで、別の表現を用いると、ラミナー型回折格子の断面形状は、溝ピッチ d 、溝ピッチ d に対する隆起部の幅 p の比 p/d （デュティ比）、及び溝ピッチ d に対する溝の深さ D の比 D/d （アスペクト比）という3つのパラメータにより決定されるということもできる。一方、ブレース型回折格子の場合、断面形状を決定するパラメータは溝ピッチ d 及びブレース角 θ である。

*

$$\begin{pmatrix} 1 \\ r^Q \end{pmatrix} = \frac{1}{2\eta_{01}^Q \eta_{02}^Q} \begin{pmatrix} \eta_{02}^Q & \eta_{01}^Q \\ \eta_{01}^Q & -\eta_{02}^Q \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \cos \Phi^Q \\ i\eta^Q \sin \Phi^Q \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \eta_{21}^Q & \eta_{22}^Q \\ \eta_{22}^Q & -\eta_{21}^Q \end{pmatrix} \begin{pmatrix} t^Q \\ 0 \end{pmatrix} \\ = \frac{t^Q}{2\eta_{01}^Q \eta_{02}^Q} \begin{pmatrix} (\eta_{02}^Q \eta_{21}^Q + \eta_{01}^Q \eta_{22}^Q) \cos \Phi^Q + i(\eta_{02}^Q \eta_{22}^Q / \eta^Q + \eta_{01}^Q \eta_{21}^Q \eta^Q) \sin \Phi^Q \\ (\eta_{02}^Q \eta_{21}^Q - \eta_{01}^Q \eta_{22}^Q) \cos \Phi^Q + i(\eta_{02}^Q \eta_{22}^Q / \eta^Q - \eta_{01}^Q \eta_{21}^Q \eta^Q) \sin \Phi^Q \end{pmatrix} \quad (2)$$

ここで、

【数7】

$$\eta^s = N^s \cos \theta^s, \quad \eta^p = N^p / \cos \theta^p$$

$$\eta_{j1}^s = 1, \quad \eta_{j1}^p = \cos \theta_j^p$$

$$\eta_{j2}^s = N_j^s \cos \theta_j^s, \quad \eta_{j2}^p = N_j^p \quad (j = 0, 2)$$

※

$$\Phi^Q = \frac{2\pi}{\lambda} N^Q D \cos \theta^Q$$

と表される。なお、 Q はS偏光（常光線）又はP偏光

*【0010】本発明に係る反射防止デバイスによる反射防止の原理について図1を参照しながら説明する。

【0011】図1(a)は光学異方性を有する素材から成る基板及び該基板の表面上に設けられたラミナー型回折格子を示す図である。基板B上に形成されたラミナー型回折格子Aは、ピッチ d で形成された多数の溝を有する回折格子であり、格子面における隆起部の幅は p 、溝の深さは D である。先に述べたように、溝ピッチ d を入射光の波長 λ より小さくすると、ラミナー型回折格子Aは λ よりも長い波長の光に対して光学異方性を有するデバイスとして振舞う。以下ではこの条件が満たされているものと仮定する。

【0012】図1(b)はラミナー型回折格子Aを1層の薄膜とみなして描いた概念図である。以下、ラミナー型回折格子Aを薄膜Aと呼ぶ。仮定より、薄膜Aは光学異方性を有するから、入射光のS偏光成分及びP偏光成分に対してそれぞれ異なる屈折率を有する。いま、波長 λ の光の各偏光成分に対する薄膜Aの屈折率をそれぞれ N^s 及び N^p とする。同様に、前記各偏光成分に対する基板Bの屈折率を N_2^s 、 N_2^p とする。

【0013】屈折率 N_0 の入射媒体から薄膜Aに波長 λ の光を入射角 θ_0 で入射させることを考える。この場合、図1(b)に示すように、入射光のS偏光成分及びP偏光成分は薄膜A内においてそれぞれ異なる屈折角 θ^s 及び θ^p で屈折する。複屈折により生成された2つの光線（常光線及び異常光線）は、薄膜A内を更に直進し、それぞれ入射角 θ^s 及び θ^p で基板Bに入射する。基板B内に入った各光線は、それぞれ屈折角 θ_2^s 及び θ_2^p で屈折し、そのまま基板B内を直進する。

【0014】以上のような条件の下、光の透過係数を t^Q 、反射係数を r^Q とすると、 t^Q 及び r^Q は次の関係式を満たす。

【数6】

40※である。また、 Φ^Q は、

【数8】

(3)

50（異常光線）を示すインデックスである。反射係数 r^Q

は、

* * 【数9】

$$\Phi^0 = \frac{2\pi}{\lambda} N^0 D \cos \theta^0 = \frac{\pi}{2} (2m+1) \quad [m: \text{整数}] \quad (4)$$

のときに極小値をとる。このとき、(2)式より、反射係数 r^0 がゼロとなる条件は次式で与えられる。 ※ 【数10】

$$0 = \eta_{02}^0 \eta_{22}^0 / \eta^0 - \eta_{01}^0 \eta_{21}^0 \eta^0$$

$$\therefore (\eta^0)^2 = \eta_0^0 \eta_2^0 \quad (5)$$

$$\eta_j^s = N_j^s \cos \theta_j^s, \quad \eta_j^p = N_j^p / \cos \theta_j^p \quad (j=0, 2) \quad (6)$$

なお、式(5)は、薄膜A及び基板Bがともに光学等方性を有しており、且つ光が薄膜Aに垂直に入射すると仮定した場合、すなわち、 $\theta_0 = 0$ 、 $N^s = N^p$ 、 $N_2^s = N_2^p$ とした場合には、式(1)と一致する。

【0015】垂直入射の場合、反射防止膜の満たすべき条件は、以下の通りである。a) 薄膜の光学膜厚 D_0 が波長 λ の $1/4$ 値の奇数倍となること。すなわち、次式が成り立つこと（以下、膜厚条件という）。

$$D_0 = (\lambda/4) \times (2m+1) \quad (m: \text{整数}) \quad 20 \quad \text{【数11】}$$

b) 薄膜の屈折率 N が入射媒体の屈折率 N_0 と出射媒体の ★

$$D = \frac{\lambda}{4} \frac{2m^s + 1}{N^s \cos \theta^s} = \frac{\lambda}{4} \frac{2m^p + 1}{N^p \cos \theta^p} \quad [m^s, m^p: \text{整数}] \quad (7)$$

により表される。また、屈折率条件は、式(5)から得られる式 ☆ 【数12】

$$(\eta^s)^2 = \eta_0^s \eta_2^s \quad (8.1)$$

$$(\eta^p)^2 = \eta_0^p \eta_2^p \quad (8.2)$$

により表される。これらの条件を満たすような、 η^s 、 η^p 、 m^s 及び m^p が求められれば、常光線及び異常光線の両方の反射が防止されることになる。上記条件を満たすような素材を一般に知られているの素材の中から探すことは極めて困難であるが、本発明では、一般の異方性媒体ではなく、屈折率を制御可能な0次回折格子を異方性媒体として利用しているため、上記条件が満たされる可能性が高いのである。

【0017】

【発明の効果】以上のように、本発明に係る反射防止デバイスによれば、屈折率を制御可能な0次回折格子を利用しているため、従来は適当な反射防止膜用の素材を見つけることができなかった波長領域においても光の反射を防止できる可能性がある。また、光が基板に斜入射したり、基板が光学異方性を有する場合、従来は常光線及び異常光線の両方の反射を防止することはできなかったが、本発明によれば、0次回折格子の断面形状を適宜変更することにより、常光線及び異常光線の両方の反射を防止することが可能となる場合がある。このように、本発明に係る反射防止デバイスは従来の反射防止膜よりも

★屈折率 N_2 の積の平方根となること。すなわち、式

(1) が成り立つこと（以下、屈折率条件という）。なお、膜厚条件においては、通常、光学膜厚が波長の $1/4$ に等しくなるようにする（すなわち、 $m=0$ と設定する）。

【0016】これらの条件を、斜入射の場合、及び、薄膜A及び基板Bがともに異方性媒体である場合に拡張する。まず、膜厚条件は、式(4)から得られる式

遙かに応用範囲が広いため、光学機器の特性向上に大きく寄与できるものである。

【0018】

【実施例】本発明に係る反射防止デバイスを作成する手順の一例について以下に説明する。この例では、入射媒体は真空とし、基板（出射媒体）Bは方解石（CaCO₃）から成るものとする。真空の屈折率は偏光方向に関わらず1であるから、

$$\eta_0^s = \eta_0^p = 1$$

である。また、基板Bの素材である方解石のS偏光成分に対する屈折率 η_2^s は1.634、P偏光成分に対する屈折率 η_2^p は1.477である。 η_0^s 、 η_0^p 、 η_2^s 及び η_2^p の値を屈折率条件の式(8.1)及び(8.2)に代入すると、以下のように η^s 及び η^p の理論値が求められる。

$$\eta^s = 1.27828$$

$$\eta^p = 1.21532$$

【0019】そこで、図1(a)に示したようなラミナ型回折格子を利用して基板Bの表面における光の反射を防止することを考える。なお、反射を防止しようとす

る光の波長(λ)は $1.55\mu\text{m}$ とする。回折格子の素材としては MgF_2 を用いるものとし、回折格子の溝ピッチは $0.755\mu\text{m}$ とする。このようなラミナー型回折格子の断面形状を表すパラメータの一つであるデューティ比を様々に変化させながら該回折格子の有効屈折率 n^s 及び n^p を求める。ここで、有効屈折率の値は例えば2次のEffective Medium Theoryにより求める。このような計算処理において、例えばデューティ比を 0.65 とすると、 n^s 及び n^p は以下のようになる。

$$n^s = 1.2695$$

$$n^p = 1.21874$$

これらの値は上記理論値に近く、S偏光及びP偏光の両偏光について屈折率条件をほぼ満たす。

【0020】次に、膜厚条件を満たすような膜厚 D を求める。すなわち、上記のように求められた n^s 及び n^p と、先に仮定した波長 λ ($1.55\mu\text{m}$)を式(7)に代入し、式(7)の第2辺と第3辺の値がほぼ等しくなるような整数 m^s 及び m^p を求める。例えば、 $m^s=20$ 、 $m^p=19$ とすると、式(7)の第2辺及び第3辺の値はそれぞれ以下のようになる。

$$\text{第2辺} = 12.5146$$

$$\text{第3辺} = 12.4001$$

そこで、例えば膜厚 D を $12.5146\mu\text{m}$ とすれば、S偏光についての膜厚条件は完全に満たされ、P偏光についての膜厚条件もほぼ満たされることになる。以上のような計算の結果、溝ピッチが $0.755\mu\text{m}$ 、デュー*

*ティ比が 0.65 、膜厚が $12.5146\mu\text{m}$ であるラミナー型回折格子を用いることにより、波長 $1.55\mu\text{m}$ の光の反射防止という目的がほぼ達せられることがわかる。

【0021】図2は波長 $\lambda=1.55\mu\text{m}$ 付近における反射率を示すグラフである。このうち、太い実線は上記のように構成されたラミナー型回折格子を用いた場合のS偏光の反射率、太い破線は同回折格子を用いた場合のP偏光の反射率、細い実線は MgF_2 から成る従来の反射防止膜(光学膜厚は $\lambda/4$)を用いた場合のS偏光の反射率、細い破線は同反射防止膜を用いた場合のP偏光の反射率を示す。このグラフを見ると、 $\lambda=1.55\mu\text{m}$ を含む特定の範囲(図中で符号Rで示した範囲)においては、S偏光及びP偏光のいずれについても、回折格子を用いる方が従来の反射防止膜を用いるよりも優れた反射防止効果が得られることが分かる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 (a) 光学異方性を有する素材から成る基板及び該基板の表面上に設けられたラミナー型回折格子を示す図、(b) 前記ラミナー型回折格子を1層の薄膜とみなして描いた概念図。

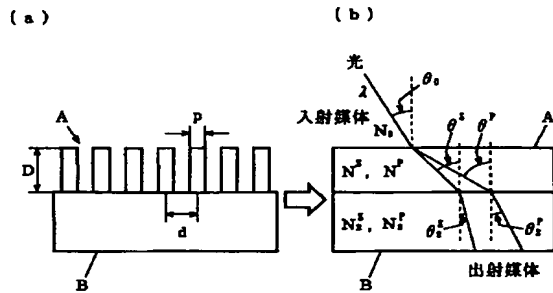
【図2】 波長 $\lambda=1.55\mu\text{m}$ 付近における反射率を示すグラフ。

【符号の説明】

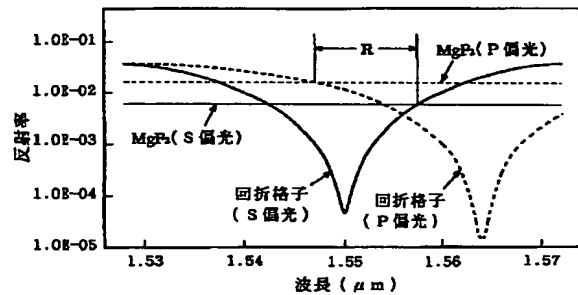
A…ラミナー型回折格子

B…基板

【図1】



【図2】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.